锰对 1~4 周龄五龙鹅血清脂类代谢、抗氧化指标及器官组织中锰沉积量的影响

张雪君 [1,2]　王宝维 [2*]　葛文华 [2]　张名爱 [2]　岳　斌 [2]　张洋洋 [2]

(1.连云港市畜牧兽医站，连云港 222000；2.青岛农业大学优质水禽研究所，青岛 266109)

摘　要：本试验旨在研究饲粮中不同锰水平对1~4周龄五龙鹅血清脂类代谢、抗氧化指标及器官组织中锰沉积量的影响，以确定鹅饲粮中锰适宜添加水平。试验选用1日龄体重相近的五龙鹅360只，随机分为6个组，每组6个重复，每个重复10只鹅（公母各占1/2）。对照组(Ⅰ组)饲喂基础饲粮（锰含量为20 mg/kg），试验组分别饲喂在基础饲粮中添加30(Ⅱ组)、60(Ⅲ组)、90(Ⅳ组)、120(Ⅴ组)和150 mg/kg锰的试验饲粮(Ⅵ组)。试验期4周。结果表明：1)Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ组血清甘油三酯和总胆固醇含量极显著高于Ⅰ组(P<0.01)，Ⅲ组显著高于Ⅰ组(P<0.05)。各组血清碱性磷酸酶活性差异不显著(P>0.05)。2)Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ组血清总抗氧化能力和谷胱甘肽过氧化物酶活性极显著高于Ⅰ组(P<0.01)，Ⅲ组显著高于Ⅰ组(P<0.05)；Ⅴ组血清丙二醛含量极显著低于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组(P<0.01)，Ⅳ、Ⅵ组显著低于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组(P<0.05)。3）Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ组血清、心脏、肝脏和胰脏中锰沉积量极显著高于Ⅰ组(P<0.01)，Ⅱ、Ⅲ组血清、心脏和肝脏中锰沉积量显著高于Ⅰ组(P<0.05)。由此可见，饲粮中添加锰能提高五龙鹅血清甘油三酯、总胆固醇含量，增强机体抗氧化能力，增加器官组织中锰沉积量。建议鹅饲粮中锰适宜添加水平为90～120 mg/kg。

关键词：锰；五龙鹅；脂类代谢；抗氧化能力；锰沉积量

中图分类号：S835

锰(manganese，Mn)广泛存在于自然界，诸如土壤、矿物质、植物和深海岩床等部位，也是机体必需的微量元素。锰的主要营养生理作用是在碳水化合物、脂类、蛋白质和胆固醇代谢中作为酶的活化因子或组成部分。锰具有促进生长和提高免疫作用，家禽机体内氧化还原过程、组织呼吸、骨骼的形成与增长、繁殖、胚胎发育、血液的形成、蛋壳形成及内分泌器官的正常功能均离不开锰[1-3]。可见，锰在家禽营养中具有不可替代的重要作用。因此，研究家禽对微量元素锰的需求量对养禽业具有重要意义。罗绪刚等[4]试验表明，补锰试验组肉仔鸡的胆固醇含量显著高于对照组，表明补锰可以提高血清中胆固醇的含量。袁慧等[5]研究认为，不同组织器官中锰的含量各不相同，其中，肝脏中锰含量最高，其次为胰脏和心脏中，血清中最低。张日俊[6]、吴建设[7]研究表明，不同水平的锰影响免疫器官抗氧化酶的活性和脂质过氧化物的生成。Black 等[8]试验指出，硫酸锰的生物学利用率最高，其次分别是氧化锰和碳酸锰。高延玲等[9]研究表明，锰与畜禽骨骼生长密切相关，饲粮中缺乏锰可导

收稿日期：2017-04-02
基金项目：国家水禽产业技术体系专项基金(CARS-43-11)；青岛市公共领域科技支撑计划(12-1-3-17-nsh)
作者简介：张雪君（1987—），女，山东潍坊人，畜牧师，硕士，研究方向为动物营养与饲料。E-mail: zhangxuejun5192@126.com
*通信作者：王宝维，教授，硕士生导师，E-mail: wangbw@qau.edu.cn

致家禽骨骼畸形，即滑腱症。然而，有关锰对机体抗氧化能力影响的研究报道很少。迄今为止，家禽锰添加水平的研究主要集中在鸡、鸭等禽类[10]，而鹅的锰需要量研究较少。为此，本试验以 1~4 周龄五龙鹅为试验对象，通过探索饲粮中不同锰水平对鹅血清脂类代谢、抗氧化指标及器官组织中锰沉积量的影响，为确定鹅饲粮中锰适宜添加水平提供研究基础。

1 材料与方法

1.1 试验动物与试验设计

选择 1 日龄体重相近的健康五龙鹅 360 只，采用随机分配编号法，设计 6 个组，每组 6 个重复，每个重复 10 只鹅（公母各占 1/2）。对照组(Ⅰ 组)饲喂基础饲粮（锰含量为 20 mg/kg），试验组分别饲喂在基础饲粮中添加 30(Ⅱ 组)、60(Ⅲ组)、90(Ⅳ组)、120(Ⅴ 组)、150 mg/kg(Ⅵ组)锰的试验饲粮。试验期为 4 周。试验鹅由国家水禽产业技术体系示范基地莱阳天森豁眼鹅繁育中心提供。试验用的一水合硫酸锰($MnSO_4 \bullet H_2O$)购自浙江新维普添加剂有限公司（锰含量为 33.2%）。

1.2 基础饲粮

基础饲粮营养水平参照 NRC《家禽营养需要量》（1994 年版）设计。基础饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1 基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis) %

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels[2)]	含量 Content
玉米 Corn	60.00	代谢能 ME/(MJ/kg)	11.76
豆粕 Soybean meal	28.40	粗蛋白质 CP	18.92
玉米秸秆 Maize straw	2.00	粗纤维 CF	3.27
次粉 Wheat middling	5.00	钙 Ca	0.74
鱼粉 Fish meal	2.00	有效磷 AP	0.33
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.84	赖氨酸 Lys	1.02
食盐 NaCl	0.30	蛋氨酸 Met	0.31
石粉 Limestone	0.96	苏氨酸 Thr	0.58
多维素 Multivitamin[1)]	0.30	锰 Mn/(mg/kg)	20.00
微量元素 Trace elements[1)]	0.20		
合计 Total	100.00		

1)多维素和微量元素(不含锰)为每千克饲粮提供 The multivitamin and trace elements （without Mn） provided the following per kg of the diet：烟酸 nicotinic acid 65 mg，泛酸 pantothenate 15 mg，叶酸 folic acid 0.5 mg，VD_3 200 IU，VA 1 500 IU，VB_1 2.2 mg，VB_2 5.0 mg，VB_6 2 mg，VE 12.5 mg，VK_3 1.5 mg，生物素 biotin 0.2 mg，胆碱 choline 1 000 mg，Fe 90 mg，Zn 85 mg，Cu 6 mg，I 0.42 mg，Se 0.3 mg，Co 2.5 mg。

2)锰为实测值，其余营养水平为计算值。Mn was a measured value, while other nutrient levels were calculated values.

1.3 饲养管理

试验前对鹅舍进行全面消毒；全期采取舍饲、地面厚垫料分栏饲养；试验鹅自由饮水和采食；少添勤喂；每日观察鹅群的生长状况并对日采食量进行记录。

1.4 血液、器官组织采集与处理

4 周龄末，从每个重复中随机取 2 只五龙鹅，共 72 只（公母各占 1/2），采集器官组织样前禁食 12 h。翅下静脉采血 5 mL，3 000 r/min 离心 10 min，取上清液。解剖采集心脏、肝脏和胰脏，剔除上面附着的组织，用 3 次蒸馏水冲洗玷污的血液，超低温保存待测。

1.5 测定指标及方法

1.5.1 血清脂类代谢指标

采用甘油三酯（TG）测定试剂盒测定血清中的甘油三酯含量；采用总胆固醇（CHOL）测定试剂盒测定血清中的总胆固醇含量；采用碱性磷酸酶（AKP）测定试剂盒测定血清中碱性磷酸酶的活性。所用试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

1.5.2 血清抗氧化指标

采用总抗氧化能力（T-AOC）测定试剂盒测定血清中的总抗氧化能力；采用丙二醛（MDA）测定试剂盒测定血清中的丙二醛含量；采用谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）测定试盒测定血清中谷胱甘肽过氧化物酶活性。

1.5.3 器官组织中锰沉积量

将心脏、肝脏和胰脏置于 75 ℃烘箱中，烘至恒重，所得的样品经研钵研磨粉碎，制成细末样品。精确称取 0.250 g 已烘干的样品，置于凯氏烧瓶中，加入 10 mL 硝酸和 2.5 mL 高氯酸，置控温电炉上消化至无白烟、无回流时，冷却。将消化后的液体样品无损失地转移到 25 mL 容量瓶中，并用蒸馏水定容至 25 mL。采用原子吸收分光光度仪分别进行测定。

1.6 统计分析

采用 SPSS 17.0 软件中单因素方差分析(one-way ANOVA)中的 LSD 法进行多重比较，试验数据以“平均值±标准差”表示，采用 SPSS 17.0 软件中相关性分析中的双变量法进行相关性分析，$P<0.05$ 和 $P<0.01$ 分别为差异显著和极显著水平。。

2 结果与分析

2.1 饲粮中不同锰水平对五龙鹅血清脂类代谢指标的影响

由表 2 可知，Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ组血清甘油三酯和总胆固醇含量极显著高于Ⅰ组(P<0.01)，Ⅲ组显著高于Ⅰ组(P<0.05)，Ⅰ、Ⅱ组之间差异不显著(P>0.05)。其中，Ⅴ组的血清甘油三酯和总胆固醇含量最高。各组血清碱性磷酸酶活性差异不显著(P>0.05)。

表 2　饲粮中不同锰水平对五龙鹅血清脂类代谢指标的影响

Table 2　Effects of dietary different manganese levels on serum lipid metabolism indices of *Wulong* geese

组别 Groups	甘油三酯 TG/(mmol/L)	总胆固醇 CHOL/(mmol/L)	碱性磷酸酶 AKP/(金氏单位/dL)
Ⅰ	1.01±0.05[a]	5.42±0.19[a]	186.52±0.56
Ⅱ	1.08±0.05[a]	5.78±0.36[ab]	186.69±0.37
Ⅲ	1.17±0.05[b]	6.09±0.45[b]	186.87±0.78
Ⅳ	1.57±0.05[c]	9.92±0.29[c]	187.10±0.79
Ⅴ	1.87±0.02[d]	10.80±0.25[d]	187.43±0.57
Ⅵ	1.50±0.04[c]	9.74±0.06[c]	187.74±0.68

同列数据肩标相同小写字母或无字母表示差异不显著(P＞0.05)，相邻小写字母表示差异显著(P＜0.05)，相间小写字母表示差异极显著(P＜0.01)。表 3、表 4 同。

In the same column, values with the same small or no letter superscripts mean no significant difference (P＞0.05), while with adjacent small letter superscripts mean significant difference (P＜0.05), and with alternate small letter superscripts mean extremely significant difference (P＜0.01). The same as Table 3 and Table 4.

2.2 饲粮中不同锰水平对五龙鹅血清抗氧化指标的影响

由表 3 可知，随着饲粮中锰水平增加，血清总抗氧化能力和谷胱甘肽过氧化物酶活性先升高后降低；Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ组血清总抗氧化能力和谷胱甘肽过氧化物酶活性极显著高于Ⅰ组(P<0.01)，Ⅲ组显著高于Ⅰ组(P<0.05)，Ⅰ、Ⅱ组之间差异不显著(P>0.05)。Ⅴ组血清丙二醛含量极显著低于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组(P<0.01)，Ⅳ、Ⅵ组显著低于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组(P<0.05)。当锰添加水平达到 120 mg/kg 时，血清总抗氧化能力和谷胱甘肽过氧化物酶活性最高，血清丙二醛含量最低。

由此表明，鹅机体锰营养需要量具有一定阈值，过高过低对机体都会产生不良影响；饲粮中添加适宜水平锰能够提高五龙鹅抗氧化能力。

表 3　饲粮中不同锰水平对五龙鹅血清抗氧化指标的影响

Table 3　Effects of dietary different manganese levels on serum antioxidant indices of *Wulong* geese

组别 Groups	总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)	丙二醛 MDA/(nmol/mL)	谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(μmol/L)
Ⅰ	5.50±0.58[a]	13.83±0.96[d]	224.69±1.06[a]
Ⅱ	7.36±0.47[ab]	11.58±0.28[c]	233.69±0.06[a]

Ⅲ	8.88±0.57[b]	10.91±0.44[c]	252.40±0.98[b]
Ⅳ	13.98±0.46[c]	7.39±0.08[ab]	281.98±0.92[c]
Ⅴ	26.08±0.64[d]	6.64±0.22[a]	328.14±0.22[d]
Ⅵ	13.67±0.19[c]	8.11±0.47[b]	266.08±0.76[c]

2.3　饲粮中不同锰水平对五龙鹅血清与器官组织中锰沉积量的影响

由表 4 可知，随着饲粮中锰水平的增加，血清、心脏、肝脏和胰脏中锰沉积量先升高后降低；Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ组血清、心脏、肝脏和胰脏中锰沉积量极显著高于Ⅰ组(P<0.01)，Ⅱ、Ⅲ组血清、心脏和肝脏中锰沉积量显著高于Ⅰ组(P<0.05)。饲粮中锰添加水平达 120 mg/kg 时，五龙鹅血清与器官组织中锰沉积量达到峰值。胰脏中锰沉积量最大，肝脏和心脏中次之，血清中最低。

由此表明，饲粮中不同锰水平对五龙鹅血清与组织中锰沉积量有显著影响。

表 4　饲粮中不同锰水平对五龙鹅血清与器官组织中锰沉积量的影响

Table 4　Effects of dietary different manganese levels on manganese deposition in serum and organ tissue of *Wulong* geese

组别 Groups	血清 Serum/(μg/L)	心脏 Heart/(mg/kg)	肝脏 Liver/(mg/kg)	胰脏 Pancreas/(mg/kg)
Ⅰ	64.96±0.61[a]	0.68±0.04[a]	2.71±0.0.06[a]	2.74±0.03[a]
Ⅱ	67.78±1.10[b]	0.73±0.02[b]	3.13±0.14[b]	2.88±0.05[a]
Ⅲ	69.43±0.94[b]	0.76±0.02[b]	3.27±0.03[b]	3.43±0.17[b]
Ⅳ	78.68±1.14[c]	0.88±0.01[c]	3.83±0.05[c]	3.68±0.02[c]
Ⅴ	87.85±1.14[d]	0.93±0.03[d]	4.24±0.15[d]	4.34±0.12[d]
Ⅵ	77.03±0.56[c]	0.84±0.02[c]	3.75±0.11[c]	3.58±0.01[bc]

2.4　**饲粮中不同锰水平与血清脂类代谢、抗氧化指标及器官组织中锰沉积量的相关性分析**

由表 5 可知，4 周龄时，饲粮中不同锰水平与血清甘油三酯、总胆固醇含量及碱性磷酸酶活性呈极显著正相关(P<0.01)。

表 5　饲粮中不同锰水平与**血清脂类代谢指标的相关性分析**

Table 5　Correlation analysis of dietary different manganese levels and serum lipid metabolism indices

项目 Items	甘油三酯 TG/(mmol/L)	总胆固醇 CHOL/(mmol/L)	碱性磷酸酶 AKP/(金氏单位/dL)

饲粮中不同锰水平 Dietary different manganese levels/（mg/kg）	0.836**	0.885**	0.979**

**表示极显著相关(P<0.01)。下表同。

** meant extremely significant correlation (P<0.01). The same as below.

由表 6 可知，4 周龄时，饲粮中不同锰水平与血清总抗氧化能力和谷胱甘肽过氧化物酶活性呈极显著正相关(P<0.01)；与血清丙二醛含量呈极显著负相关(P<0.01)。

表 6　饲粮中不同锰水平与血清**抗氧化指标的相关性分析**

Table 6　Correlation analysis of dietary different manganese levels and serum antioxidant indices

项目 Items	总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)	丙二醛含量 MDA/(nmol/mL)	谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(μmol/L)
饲粮中不同锰水平 Dietary different manganese levels/（mg/kg）	0.716**	-0.886**	0.666**

由表 7 可知，4 周龄时，饲粮中不同锰水平与血清、心脏、肝脏、胰脏中锰沉积量呈极显著正相关（P<0.01）。

表 7　饲粮中不同锰水平与血清和器官组织中锰沉积量**的相关性分析**

表 7　Correlation analysis of dietary different manganese levels and manganese deposition in serum and organ tissue

项目 Items	血清 Serum/(μg/L)	心脏 Heart/(mg/kg)	肝脏 Liver/(mg/kg)	胰脏 Pancreas/(mg/kg)
饲粮中不同锰水平 Dietary different manganese levels/（mg/kg）	0.919**	0.745**	0.728**	0.923**

3　讨　论

3.1　饲粮中不同锰水平对五龙鹅血清脂类代谢指标的影响

甘油三酯与动物生长发育及免疫系统有关，其含量变化反映了体内脂类代谢情况。罗绪刚等[4]研究表明，机体为了弥补缺锰时血液胆固醇含量的下降而自动调节脂蛋白的分解，而来自被分解脂蛋白的甘油三酯使得血浆中的甘油三酯含量得以提高。姚华等[11]研究表明，饲粮中添加不同水平的锰对血清中甘油三酯的含量有极显著的影响。胆固醇是细胞膜成分，血液中的胆固醇一部分到组织中构成细胞结构成分；另一部分转变为重要的固醇衍生物维生

素D_3，促进钙的吸收或类固醇激素代谢。Snyder等[12]在人的临床试验也证明了锰能使肝脏合成胆固醇增加。本试验结果表明，随饲粮锰水平升高，血清甘油三酯、胆固醇的含量有显著增加，锰添加水平达到120 mg/kg时，血清甘油三酯和胆固醇的含量达到最大值。各试验组血清总胆固醇含量均高于对照组，表明锰缺乏使胆固醇的合成作用降低。这与罗旭刚等[4]和Snyder等[12]的结论一致。

3.2 饲粮中不同锰水平对五龙鹅血清抗氧化指标的影响

罗旭刚等[13]研究表明，家禽代谢旺盛，易产生很多自由基，尤其是在规模化养殖条件下，易受各种不良环境的应激影响，因而更易使体内自由基的平衡状态受到破坏，对疫病的易感性增加。因此，与哺乳动物相比，肉鸭需要更为强大的抗氧化体系来清除体内易过多积累的自由基，以维持体内自由基的稳定和平衡，从而维持健康和正常生长。其中锰与家禽的抗氧化功能有密切关系，锰的供给有特殊的重要性。锰是超氧化物歧化酶（SOD）的活性组成成分，同时也会影响组织非酶抗氧化蛋白的生成，动物锰的营养状况影响机体组织的抗氧化状况[14]。

总抗氧化能力是用于衡量机体抗氧化系统功能状况的综合性指标，体现了体内多种抗氧化酶共同作用的效果，总抗氧化能力的高低可以直接反映出机体面对外来刺激时抗氧化酶系统和非酶系统的应对能力[15]。当动物饲粮中锰缺乏时，机体的总抗氧化机能降低，在一定范围内适当提高饲粮中锰水平可有效提高动物机体总抗氧化能力，但动物机体总抗氧化能力并非随饲粮中锰水平增加而呈线性上升[16]。

丙二醛是体内脂质过氧化反应的产物，主要是由体内酶系统与非酶系统产生的自由基与细胞膜上的不饱和脂肪酸共同反应产生的，可直接反映机体内氧化自由基的水平以及细胞被期攻击损伤的程度。

谷胱甘肽过氧化物酶是机体广泛存在的一种重要的过氧化物分解酶。谷胱甘肽过氧化物酶是机体抗过氧化能力指标之一[17]。王义辉[18]研究表明，动物锰的营养状况影响机体组织的抗氧化状况。王艳立等[19]报道，饲粮中添加60 mg/kg的锰对肉鸡免疫器官重量有一定的促进作用。

本试验结果表明，饲粮中锰添加水平为60~120 mg/kg时能显著提高血清总抗氧化能力和谷胱甘肽过氧化物酶活性，并显著降低丙二醛含量。这与王义辉[18]和王艳立等[19]的研究结果相吻合。

3.3 饲粮中不同锰水平对五龙鹅器官组织中锰沉积量的影响

肝脏微量元素含量是反映机体对微量元素吸收情况的重要指标。二价金属离子共转运体（DMT1）是肠道锰的吸收载体；Bai等[20]认为，其表达的程度与锰源特性密切相关。罗旭刚等[21]认为，心肌锰含量可用来评价肉仔鸡对饲粮锰水平的变化。折永胜等[22]研究表明，胰脏和心肌锰含量随饲料锰水平的升高而显著升高。张建云等[23]研究表明，蛋鸡组织器官中的锰含量随饲粮锰水平的提高而显著增加。王彦平等[24]研究表明，饲粮中不同锰水平显

著影响心肌锰含量。姚华等[11]研究表明，饲粮中不同锰水平对肝脏中锰沉积量有显著影响。动物对饲粮中锰的吸收率非常低，家禽对锰的吸收主要发生在十二指肠，所吸收的锰进入血液后，迅速分布到肝脏、骨与毛中，而肝脏、骨、毛成为锰的主要贮存场所。在一般的情况下，锰在动物体内是通过胆汁排泄的，但也可以通过胰脏排泄。在不同部位的同一类组织中，由于其生理机能和代谢水平的不同，锰在其中的分布也有很大差异。袁慧等[5]研究表明，锰在各个器官组织中的沉积量各不相同，其中，肝脏中锰含量最高，其次为胰脏和心脏，血清中最低。

本试验结果表明，随着饲粮中锰水平的提高，胰脏中锰沉积量也随着提高，且胰脏中锰沉积量最高，表明胰脏中锰沉积量可以作为机体锰营养判定的敏感指标。不同器官组织中锰的沉积量各不相同，其中，胰脏中锰沉积量最高，其次为肝脏和心脏，血清中最低，这说明微量元素锰在动物组织中的分布与其组织代谢特点有关。

4 结 论

① 饲粮中适宜锰添加水平能够显著提高血清甘油三酯和总胆固醇含量。

② 饲粮中适宜锰添加水平能够显著提高血清总抗氧化能力和谷胱甘肽过氧化物酶活性。

③ 饲粮中适宜锰添加水平能够显著提供血清、心脏、肝脏和胰脏中的锰沉积量。

④ 鹅机体锰营养需要量具有一定阈值，过高过低对机体都会产生不良影响；建议五龙鹅饲粮中锰适宜添加水平为 90～120 mg/kg。

参考文献：

[1] 虞泽鹏.微量元素锰与肉仔鸡生产[J].饲料博览,1999,11(4):12–13.

[2] 井明艳,孙建义,许梓荣.锰的生物学功能及有机态锰的应用研究[J].饲料博览,2004(1):26–28.

[3] CAO J,HENRY P R,GUO R,et al.Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic zinc sources for poultry and ruminants[J].Journal of Animal Science,2000,78(8):2039–2054.

[4] 罗绪刚,苏琪,黄俊纯,等.实用饲粮中锰的添加水平对肉用仔鸡组织中其他矿物元素浓度的影响[J].动物营养学报,1991,3(1):17–20.

[5] 袁慧,王兵团,易厚生,等.鸡体内 10 种器官组织中 7 种微量元素含量[J].中国兽医杂志,1995(3):10–11.

[6] 张日俊.微量元素锌、锰对肉鸡免疫功能的影响及其机理研究[D].博士学文论文.北京:中国农业大学,1996.

[7] 吴建设.微量元素铜、铁对肉鸡免疫功能的影响及其机理研究[D].博士学位论文.北京:中国农业大学,1996.

[8] BLACK J R,AMERMAN C B,HENRY P R,et al.Biological availability of manganese sources and effects of high dietary manganese on tissue mineral composition of broiler-type

chicks[J].Poultry Science,1984,63(10):1999–2006 .
[9] 高延玲,康相涛,王广聚.鸡对微量元素锰的营养需要研究进展[J].饲料工业,2003,24(12):34–36.
[10] 罗旭刚.鸡锰营养研究进展[J].国外畜牧科技,1989,16(5):22–25.
[11] 姚华,乔富强,郝俊虎,等.有机锰与铬互作对肉鸡脂质代谢及锰与铬在组织沉积的影响[J].中国兽医学报,2010,30(10):1346–1351.
[12] SNYDER R D,FRIEDMAN M B.Enhancement of cytotoxicity and clastogenicity of L-DOPA and dopamine by manganese and copper[J].Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis,1998,405(1):1–8.
[13] 罗绪刚,苏琪,黄俊纯,等.肉仔鸡实用饲粮中锰适宜水平的研究[J].畜牧兽医学报,1991,22(4):313–317.
[14] LEE M H,HYUN D H,MARSHALL K A,et al.Effect of over expression of Bcl-2 on cellular oxidative damage,nitric oxide production,antioxidant defenses,and the proteasome[J].Free Radical Biology and Medicine,2001,31(12):1550–1559.
[15] 张金龙,徐丽丽,李艳飞.雏鸡脑软化症免疫组织的氧化和抗氧化特性[J].中国畜牧兽医,2007,34(2):42–44.
[16] 马娅娅,SIDOEUN B,刘丹,等.不同水平有机锰(明微矿锰)对肉鸡生长、免疫力和抗氧化活性的影响[J].中国家禽,2011,33(13):18–22.
[17] 张洪斌.谷胱甘肽和维生素E、C与自由基[J].新疆师范大学学报:自然科学版,1999,18(3):73–77.
[18] 王义辉.0～3周龄肉鸡日粮铁、铜、锌、锰适宜添加量研究[D].硕士学位论文.咸阳:西北农林科技大学,2007:1–35.
[19] 王艳立,顾洪娟,相欣.不同锰源对肉仔鸡免疫性能的影响[J].畜牧与饲料科学,2008,29(3):42–44.
[20] BAI S P,LU L,LUO X G,et al.Kinetics of manganese absorption in ligated small intestinal segments of broilers[J].Poultry Science,2008,87(12):2596–2604.
[21] 罗绪刚,苏琪,黄俊纯,等.饲粮中锰(Mn)的缺乏与过量对肉仔鸡性能的长期影响[J].中国畜牧杂志,1992,28(1):11–14.
[22] 折永胜,霍鲜鲜,冯敏山,等.不同形态锰源对肉仔鸡生长性能和组织锰含量的影响[J].中国家禽,2010,32(12):31–34.
[23] 张建云,王守清,赵志攀,等.饲粮锰对蛋鸡组织锰含量及其生长发育和生产性能的影响[J].动物营养学报,1992,4(1):32–40.
[24] 王彦平,侯启瑞,吕林,等.不同形态锰源对肉鸡生长性能和心肌锰含量的影响[J].中国家禽,2008,30(9):12–15.

Effects of Manganese on Serum Lipid Metabolism, Antioxidant Indices and Organ Tissue Manganese Deposition of *Wulong* Geese Aged from 1 to 4 Weeks

ZHANG Xuejun[1,2] WANG Baowei[2*] GE Wenhua[2] ZHANG Ming'ai[2] YUE Bin[2] ZHANG Yangyang[2]

(1. *The Animal Husbandry and Veterinary Station of Lianyungang, Lianyungang* 222000, China; 2. *Institute of High Quality Waterfowl, Qingdao Agricultural University, Qingdao* 266109, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of dietary different manganese levels on serum lipid metabolism, antioxidant indices and organ tissue manganese deposition of *Wulong* geese aged from 1 to 4 weeks, and to find the appropriate dietary manganese supplemental level. Three hundred and sixty one-day-old *Wulong* geese were randomly divided into 6 groups with 6 replicates per group and 10 geese per replicate (half male and half female). Geese in the control group (group Ⅰ) were fed a basal diet (manganese content 20 mg/kg), and the others in the experimental groups were fed the basal diets supplemented with 30 (group Ⅱ), 60 (group Ⅲ), 90 (group Ⅳ), 120 (group Ⅴ) and 150 mg/kg (group Ⅵ) manganese, respectively. The experiment lasted for 4 weeks. The results showed as follows: 1) the contents of triglyceride and total cholesterol in serum of groups Ⅳ, Ⅴ and Ⅵ were extremely significantly higher than those of group Ⅰ (P<0.01), and the contents of triglyceride and total cholesterol in serum of group Ⅲ were significantly higher than those of group Ⅰ (P<0.05). There was no significant different on serum alkaline phosphatase activity among all groups (P>0.05). 2) The serum total antioxidant capacity and glutathione peroxidase activity of groups Ⅳ, Ⅴ and Ⅵ were extremely significantly higher than those of group Ⅰ (P<0.01), and the serum total antioxidant capacity and glutathione peroxidase activity of group Ⅲ were significantly higher than those of group Ⅰ (P<0.05). The serum malondialdehyde content of group Ⅴ was extremely significantly higher than that of groups Ⅰ, Ⅱ and Ⅲ (P<0.01), and the serum malondialdehyde content of groups Ⅳ and Ⅵ was significantly higher than that of groups Ⅰ, Ⅱ and Ⅲ (P<0.05). 3) The manganese depositions in serum, heart, liver and pancreas of groups Ⅳ, Ⅴ and Ⅵ were extremely significantly higher than those of group Ⅰ (P<0.01), and the manganese depositions in serum, heart and liver of groups Ⅱ and Ⅲ were significantly higher than those of group Ⅰ (P<0.05). In conclusion, dietary supplemented with manganese can improve the contents of triglyceride and total cholesterol in serum, enhance the body antioxidant capacity, and increase the organ tissue manganese deposition of *Wulong* geese. It is suggested that the suitable manganese supplemental level is 90 to 120 mg/kg.

Key words: manganese; *Wulong* geese; lipid metabolism; antioxidant capacity; manganese deposition

*Corresponding author, professor, E-mail: wangbw@qau.edu.cn

（责任编辑　武海龙）